

УДК 658.382:681.3

ВНЕДРЕНИЕ ЭКОЛОГО-КОМПЕНСАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО СНИЖЕНИЮ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ

Л.Б. Метечко, А.Е. Сорокин, А.И. Тихонов, С.В. Новиков

Московский авиационный институт, Москва

Современные научные исследования становятся конвергентными, а новые открытия все чаще появляются на стыке различных научных направлений. Влияние экологического кризиса инициирует поиск новых неинвазивных технологий управления экологической безопасностью биосферы и требует инновационных высокотехнологичных разработок, которые применяются в аэрокосмической отрасли. Приведены убедительные доводы эффективности нового подхода к научным исследованиям на основе формирования и экспериментального внедрения эколого-компенсационных систем по снижению антропогенных загрязнений прибрежных акваторий, соединившего в себе достижения экологии, океанологии, гидробиологии и высокотехнологичных разработок информационно-измерительного приборостроения, метрологии, методов управления экологической безопасностью, прикладных экологических расчетов, новейших разработок в области информатики, вычислительной техники и инновационных методов преподавания экологических знаний. Примеры такого синтетического подхода демонстрируют инновации и открытия национальных исследовательских центров «Курчатовский институт» и «Институт имени Н.Е. Жуковского», а также других известных международных и отечественных исследовательских центров, объединяющих различные научные школы и направления и демонстрирующие инновационные прорывы в познании законов развития материального мира.

Ключевые слова: *конвергентные науки и технологии, высокотехнологичное оборудование, когнитивные возможности, эколого-компенсационные системы, акваструктуры, искусственные рифы, беспилотные летательные аппараты, погружные подводные роботы, экологический мониторинг, неинвазивные экологические программы, системы хранения и передачи данных, управление экологической безопасностью, малая энергетика.*

Человечество начало чувствовать снижение качества жизни, загрязнение природной среды, изменение климатических параметров, и нарастающий дефицит основных ресурсов уже в XX веке. В

результате активного нарастания негативных процессов наступивший период развития общества получил название эпохи глобального экологического кризиса. Настораживающие факторы нарастали и, приняв глобальные масштабы, переросли в системную фазу, постепенно охватывая все сферы развития общества, начиная с экологической, ресурсной, экономической, социальной, политической, финансовой и пр. Все чаще стали высказываться мысли о том, что кризис не может быть разрешен на основе существующей парадигмы развития цивилизации, основанной на активно-преобразовательном отношении к природе.

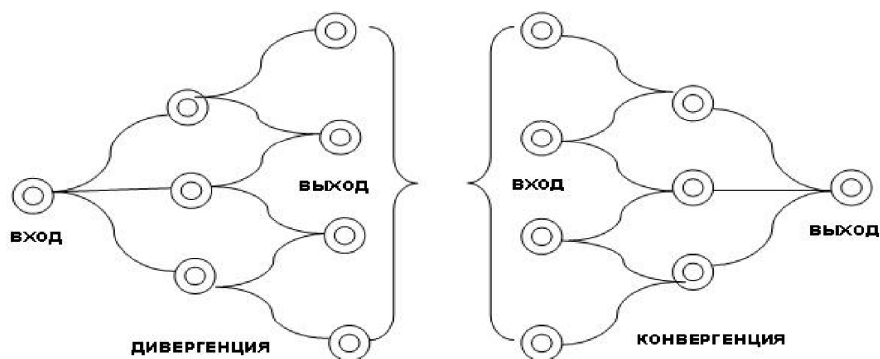
Научно-техническая революция, подарившая миру множество прорывов во всех направлениях человеческих знаний только увеличила мощь отрицательного антропогенного воздействия на планету, в результате чего сложная система биосферы Земли стала терять устойчивость. Ощувив тенденции изменений и поняв, что в мире, где нарастает нужда и постоянно ухудшается окружающая среда, невозможно здоровое общество и эффективная экономика, мировое сообщество вынуждено было все чаще обращаться к исследованиям в области управления экологической безопасностью.

Наше время – решающий этап развития человеческого общества, когда синергийный подход к решению проблемы выхода из глобального кризиса требует глубинных преобразований, как в понимании роли человека в окружающем мире, так и изменения самого подхода к его познанию. Человек, до сих пор исследовавший материальный мир аналитическими методами, постепенно исчерпал их когнитивные возможности, поняв, что исследования отдельных элементов и процессов сложной системы мироздания в рамках отдельных научных направлений и школ не дает адекватного представления о свойствах системы в целом (Ковальчук, 2011).

Наступило понимание потребности применить новые методы познания, опирающиеся на целостное восприятие мира - системность и междисциплинарность, свойственные экологическому подходу к изучению окружающей действительности предложенной великим ученым В.И. Вернадским. Он утверждал о необходимости осуществления исследования биосферы, как единой системы, используя синтетические знания объединенных научных направлений и приемов исследования (Метечко, 2013).

Начиная с XIX века, несмотря на рост количества новых научных направлений (дивергенция) и усиления процесса дифференциации наук, начало проявляться противоположное движение интеграции и объединения (конвергенции), размытия границ и развития «пограничных наук»: биофизики, геоэкологии, биогеохимии и пр. (рис. 1). Это определило перенос приоритета от

анализа, как метода познания, к синтезу. При этом синтез, как метод познания, перестает быть приоритетным и единственным, и скорее всего с дальнейшим развитием науки он отойдет на второй план (Ковальчук и др., 2011).



Р и с . 1. Дивергенция и конвергенция наук и технологий

Такой подход заметно проявляется в последние десятилетия - науки и технологии становятся конвергентными, включая в себя методы и средства различных научных направлений одновременно с обязательным присутствием экологической компоненты. Современным студентам Московского авиационного института (национального исследовательского университета) «МАИ», технической элите будущего, целесообразно овладевать новыми синтетическими приемами познания, уметь с самых разных междисциплинарных подходов взглянуть на исследуемые процессы и явления. В результате такого синтетического метода познания исключаются случайные и системные ошибки и реализуются взвешенные, экологически обоснованные управленческие решения (Дайнов, Метечко, 2012; Метечко и др., 2014). При подобных подходах к повседневной практике, возникает возможность отодвинуть угрозу глобального коллапса. Овладевая системными экологическими знаниями человек, приобретает возможность постижения сути порядка мироздания и подлинно человеческого, разумного удовлетворения потребностей. В МАИ формируются коллективы по исследованию самых разнообразных направлений, в том числе о влиянии развивающегося кластера экологии на остальные кластеры наукоемких, а, следовательно, и ресурсоемких направлений развития (Метечко и др., 2016а).

Одним из таких синтетических проектов является исследование организационных и методических основ формирования оптимальной эколого-компенсационной системы акваторий

прибрежных зон. Реализация на практике эколого-компенсационной системы прибрежной зоны позволяет достигать снижение антропогенного воздействия (загрязнения) и управлять при помощи инновационных методов экологической безопасностью прибрежных зон с наименьшим вмешательством в природные процессы.

Рассматриваемый проект объединяет в себе достижения высокотехнологичных разработок приборостроения, метрологии, информационно-измерительных приборов и систем, исследования приемов и методов управления экологической безопасностью, прикладных экологических расчетов, новейших разработок в области информатики, вычислительной техники и управления (Новиков, 2016).

Подана заявка на грант от Российского Фонда Фундаментальных исследований (РФФИ) с целью создания и исследования эколого-компенсационных систем и организации научно-исследовательской экспериментальной лаборатории (НИЭЛ МАИ) на базе одного из учебно-оздоровительных центров МАИ, расположенных на береговой линии черноморского побережья.

Своевременность и актуальность поставленной задачи подтверждает Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016г. №7 «О проведении в России Года экологии». Он должен привлечь внимание общества к вопросам экологического развития нашей страны, сохранению биоразнообразия и решению проблем экологической безопасности.

Данный проект особенно своевременен в рамках Международной программы «ЭОН-Спутник» (SII-Sputnik), запущенной по итогам подписанного в штаб-квартире ООН 22.04.15г. Парижского соглашения по климату. Программа «ЭОН-Спутник» посвящается 60-летию запуска первого искусственного спутника Земли «Спутник-1», осуществленного в Советском Союзе 04.10.1957г. В определенном смысле, указанная программа должна стать кластером в образовательных процессах и научных исследованиях с целью сокращения разрыва между наукой и образованием, а также послужить основой создания нового высокотехнологичного оборудования, включая космическую технику, для экологического мониторинга, исследования природных явлений и климата.

Прибрежная зона всегда является важнейшим географическим объектом, ведь это не только полоса взаимодействия между сушей и водой и не отдельный компонент, а самый сложный комплекс, который включает географическую, экологическую, экономическую и социальную системы. Проблемы экологической безопасности прибрежных зон – это вопрос, имеющий огромное значение не только с экологической точки зрения, но и с точки зрения государственной стратегии, охватывающей ряд социальных, медицинских,

экономических и коммерческих аспектов, находящихся в тесной взаимосвязи, что само по себе предполагает комплексное решение поставленной задачи. Прибрежные зоны омывающих Российскую Федерацию морей обладают различными климатическими условиями и стратегиями дальнейшего развития, но все они нуждаются в обеспечении экологической безопасности, повышению биоразнообразия, промысловой привлекательности и чистоты акваторий.

Южные и часть юго-восточных прибрежных зон богато одарены климатическими условиями и, несомненно, представляют собой территорию идеально подходящую для создания курортно-оздоровительных и туристических кластеров международного значения. Создание курортной зоны с прекрасными климатическими условиями для отдыха и оздоровления предъявляет высокие требования к экологической чистоте не только береговой зоны, но и к качеству и чистоте черноморской воды. Нет необходимости подробно останавливаться на очевидных данных о беспрецедентном антропогенном воздействии, которое возрастает с каждым годом и периодически достигает своего максимума в высокий туристический сезон. Северные и северо-восточные акватории нуждаются в повышении промысловой привлекательности и приближении к береговой линии возможности извлечения морской продукции в промышленных объемах.

Обеспечение экологической безопасности прибрежных зон решает сразу несколько взаимосвязанных проблем и удовлетворяет ряд общегосударственных интересов: экологических, социальных, экономических.

Остановимся только на проблеме, связанной с неинвазивными и экологичными методами снижения антропогенного воздействия на прибрежную зону, не затрагивая другие способы, связанные с реконструкцией и модернизацией инфраструктуры, инженерных сетей, очистных сооружений, транспортного сообщения и прочих вопросов, входящих в профессиональную сферу деятельности соответствующих государственных и коммерческих структур.

Все мероприятия, касающиеся процессов снижения антропогенного воздействия и работы эколого-компенсационных систем на окружающую среду, можно разделить на три основных направления.

1. Приемы, методы и технические средства:

- a. снижающие концентрации загрязняющих веществ в водах прибрежных акваторий и ограничивающие объемы этих воздействий;
- b. формирующие береговые линии;

- с. повышающие биоразнообразие и привлекающие морских обитателей в прибрежные зоны.

2. Научные исследования:

- а. исследование влияния различных видов и целевых конфигураций аквамодулей и протяженных акваструктур на изменение экологической чистоты и прозрачности воды, повышение биоразнообразия и формирование береговой линии и подводного ландшафта дна акватории;
- б. создание новых моделей беспилотных летательных аппаратов, погружных и плавающих систем дистанционного зондирования с учетом климатических условий и агрессивных сред конкретных прибрежных зон;
- с. создание эффективных передающих и принимающих систем по сбору, анализу и прогнозу информации о происходящих процессах с применением высокотехнологичных компонентов экологического мониторинга.

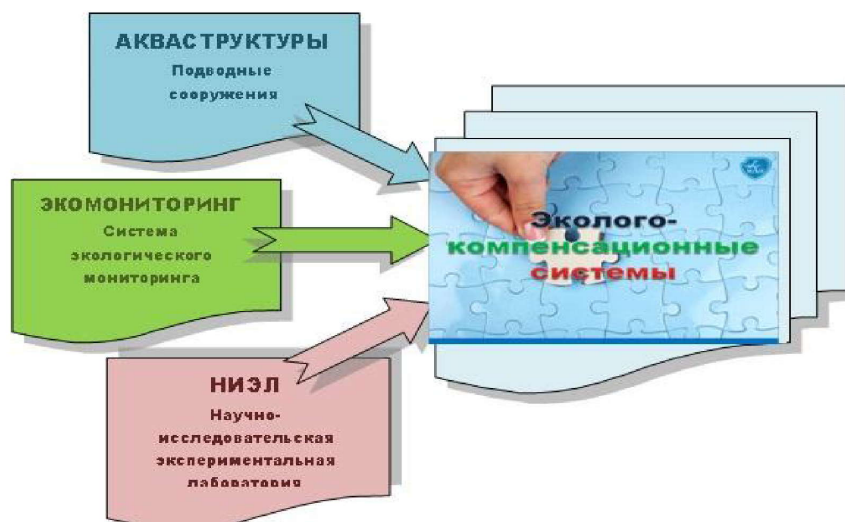
3. Экологическое просвещение, обучение, повышение экологической культуры:

- а. проведение конференций и семинаров с демонстрацией результатов исследований и статистических данных об изменениях различных показателей прибрежных зон;
- б. обмен опытом с коллективами, проводящими аналогичные мероприятия или поставившими перед собой те же задачи, но с другими методами достижения целей, в различных климатических зонах и условиях, как в пределах России, так и за рубежом;
- с. обучение разработанным методикам создания и монтажа аквамодулей и акваструктур, применение высокотехнологичных средств осуществления экологического мониторинга и других приемов эффективного управления экологической безопасностью акваторий прибрежных зон.

Прибрежная эколого-компенсационная система - это сложный комплекс научных, технических и организационных мероприятий, направленных на снижение антропогенных загрязнений прибрежной зоны, способствующие увеличению биоразнообразия, устойчивости экосистем прибрежной акватории и формирования береговой линии.

В состав эколого-компенсационных систем обеспечивающих снижение антропогенного воздействия на водные экосистемы прибрежной зоны должны входить следующие основные компоненты (рис. 2):

1. Подводные сооружения (искусственные рифы).
2. Системы экологического мониторинга в зоне установленных подводных структур.
3. Научно-исследовательская и экспериментальная лаборатория (НИЭЛ).



Р и с . 2. Состав эколого-компенсационной системы прибрежной зоны

Подводные сооружения (искусственные рифы) – как средство очищения водоёмов человеку известно давно. Созданием искусственных рифов занимались ещё древние сарматы для повышения продуктивности прибрежных вод.

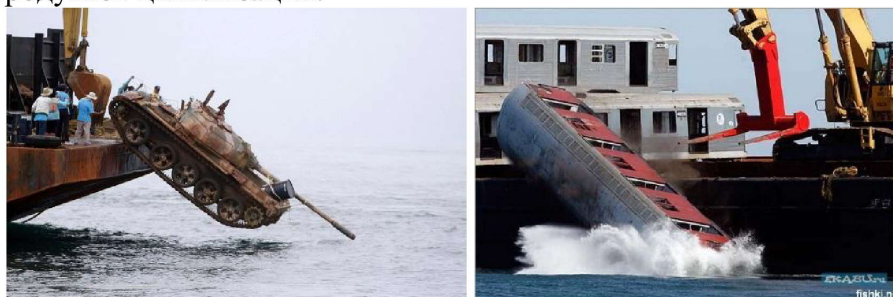
Варяги, ловившие рыбу в холодных водах южной Балтики использовали камни и бревна для создания подводных структур напоминающих естественные рифы, для привлечения рыбы.

Камни обеспечивали морским жителям условия, которыми славился обыкновенный, природный риф: они давали пищу, защиту и место для нереста. В них также была масса удобных расщелин и закоулочков, в которых с равным удобством могли спрятаться и хищники, и жертвы.

В настоящее время, как в Америке, так и в Западной Европе в массовом порядке перенимают опыт наших предков, создавая искусственные рифы путём затопления в море старых кораблей, списанной военной техники и самолётов, бетонных блоков, строительных отходов, старых автопокрышек и пр.

В современном мире, особенно в 90-х годах прошлого века, во многих странах вспомнили о многовековом опыте создания искусственных рифов, который приобрел новые черты в связи с прогрессом и плодами научно-технической революции. К повышению

промысловой привлекательности, которая несомненно несет в себе большой экономический эффект прибавилась новая статья получения прибыли от утилизации потерявших свои потребительские свойства продуктов цивилизации.



Р и с . 3 . Создание искусственных рифов затоплением отслужившей техники.



Р и с . 4 . Схема формирования береговой линии и территории пляжа с помощью акваструктур состоящих из рифболов проницаемого типа.

На дне морей и океанов стали находить свое последнее пристанище не только отслужившие корабли, вагоны метро, старая военная техника, автомобильные покрышки, но даже стало модным таким образом захоронить прах своих родственников, смешав его с цементом и сформировав бетонный блок с табличкой. У берегов Южной Каролины уже несколько лет возводят скалу из таких бетонных блоков, и всего за 850\$ каждый желающий может посмертно стать ее частью. Двадцать лет назад у западного побережья Шотландии было выстроено крупное бетонное подводное убежище для рыб, с целью привлечения их к побережью, где рыбы практически не было. Рыба пришла к Шотландскому побережью уже через год, после установки подводных сооружений. (Вышкварцев, 2007).

Затраты на затопление отслужившей техники, строительного мусора, бетонных обломков и автопокрышек несопоставимы с

получаемым экономическим эффектом от роста промысловой привлекательности большинства видов морепродуктов и решением проблемы дефицита продуктов питания для растущего человечества. При этом решается проблема утилизации крупногабаритных отходов производства и потребления (рис. 3).

Экономически выгодно одновременно решать задачу повышения промысловой привлекательности морских акваторий и утилизации крупногабаритных отходов производства и потребления.

Однако не менее важным эффектом при установке подводных акваструктур и сооружений типа искусственных рифов является их высокая экологическая эффективность по очистке вод от антропогенных загрязнений и повышения прозрачности (Стоценко, 1989)

Именно таким способом голландские ученые очистили погибавшее Северное море. По этой же причине строительство искусственных рифов приняло характер государственной политики в природолюбивой Японии.

В основе всех способов биологической очистки вод лежит способность морских организмов к накоплению и переработке химических элементов и соединений. Создав условия для совместного культивирования фильтратов и детритофагов, можно реально способствовать восстановлению природной структуры микроорганизмов, способствующих поддержанию экологического равновесия.

Создание на гладком морском дне «шероховатой» поверхности приводит к тому, что это место с удовольствием облюбовывают водоросли, рыбы, раки, моллюски. Интенсивно развивается планктон, а рыбы продуктивно нерестятся. Обильная морская флора и фауна начинает интенсивно очищать морскую воду, которую человек загрязнял на протяжении десятилетий промышленными и бытовыми отходами. (Крупнова Т.Н., 2007).

Но и это не исчерпывает возможности различных типов искусственных рифов.

С помощью подводных акваструктур проницаемого типа (рифболов) можно формировать береговую линию и увеличивать территорию пляжа или набережной. (рис.4)

По мере работы над сохранением экологических ресурсов возникла потребность привлечения общественности, развитие экотуризма и внесение эстетики в создание подводных структур, искусственных рифов (Войкова, 2004).

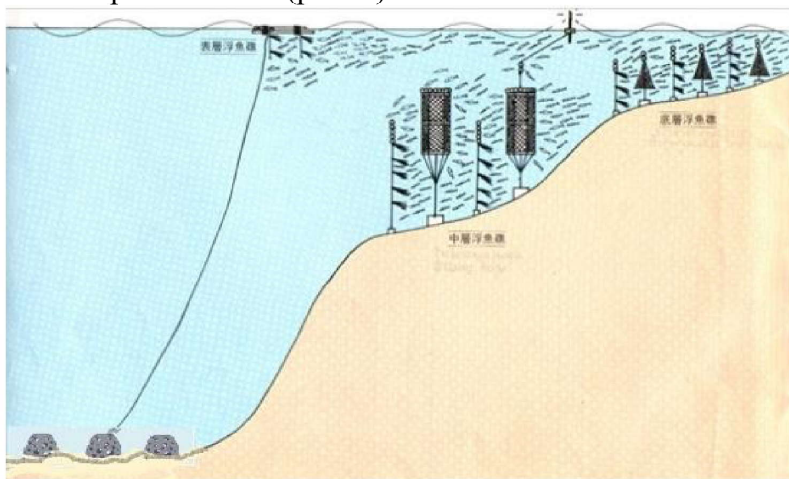
Первый в мире подводный парк скульптур «Молиньере» в Гренаде, Вест-Индия - дело рук талантливого скульптора Jassonde Caires Taylor, получившего в 2006 году мировое признание за свою

уникальную работу. Его подводные скульптуры спроектированы для создания искусственных рифов. Талантливые работы отражают экологические процессы морской среды с одной стороны и иллюстрируют сложные взаимоотношения современного человечества и окружающей среды с другой. (рис.5)



Р и с . 5 . Подводные скульптуры парка «Молиньере» Гренада, Вест-Индия.

Форма, материалы, способ размещения аквамодулей для формирования искусственных рифов (подводных структур) могут быть самыми разнообразными и выполнять самые различные функции и задачи. Они могут располагаться неподвижно на морском дне, закрепляться с помощью груза и плавать в толще воды или на поверхности, находиться на больших глубинах и на малой глубине недалеко от береговой линии (рис. 6).



Р и с . 6 . Искусственные рифы различных типов.

Исследования с целью поиска эффективных форм, безопасных и дешевых материалов, а также скорейших способов достижения поставленных задач - остаются необходимым инструментом при формировании подводных структур в каждом конкретном случае.

В настоящее время, как правило, в большинстве государственных программ, используются заведомо безопасные для агрессивной морской воды материалы, такие как бетон и керамика.

В СССР проблема искусственных рифов встала перед учеными в начале 60-х, когда впервые начало проявляться техногенное воздействие крупных промышленных городов.

Развивающиеся химические и металлургические заводы северного Крыма и Азова ежегодно все больше и больше пополняли воду всей таблицей Менделеева. С развитием предприятий возрастала и численность населения приморья. Например, когда в 1963 году рассекретили Севастополь и начался рост промышленности, население города за несколько лет увеличилось в семь раз.

Тогда перед учеными поставили вопрос — что делать со сточными водами? В 1964 году было принято решение: так как Черное море на глубине свыше 200 м из-за огромного скопления сероводорода все равно мертво, ничего не изменится, если сточные воды направлять туда без надлежащей очистки. Промышленные и бытовые стоки продолжали литься в акваторию Черного моря. На тот момент подвергалось очистке всего 6,4% сточных вод.

Еще хуже развивалась экологическая обстановка в мелководном Азовском море. (Павлов, Владовская, 1985).

По данным Института биологии южных морей, ежегодно в Азовское море попадало до 35 тыс. т нефтепродуктов, около 10 тыс. т тяжелых металлов, свыше тысячи тонн пестицидов. В воду сбрасывались такие неразлагаемые биологически яды, как, например, фосфаты, содержащиеся в хозяйственных стоках. Загрязнение моря и отъем пресного стока (около 30% каждое десятилетие) изменили соленость и плотность структуры азовской воды, а также послужили причиной гибели основной кормовой базы рыбы — водорослей и микроорганизмов. Рыба стала исчезать.

В середине 1970-х исследования искусственных рифов были включены в государственный проект «Риф», стоящий в одном ряду с проектом «Космос». Подход был серьезен. Ежегодно из госбюджета выделялось несколько миллионов рублей.

Установленные в 1990 году в Бердянском заливе несколько небольших экспериментальных рифов-биофильтров дали потрясающие результаты: в 15 раз увеличился улов знаменитого бердянского бычка. В целом же ученые прогнозировали вероятность увеличения популяции рыбы на искусственном рифе в сто раз по сравнению с таковой в окружающих водах. (Изергин Л.В., 2004) (рис. 7).

а) изменение гладкой поверхности дна для удаления илового слоя;

б) пирамидальная конструкция, наиболее эффективная для нереста рыб (азовского бычка).

Впрочем, для ученых и тогда и сейчас была важна не столько промышленная сторона (мидии, пропустившие через себя нынешнюю азовскую воду, непригодны к пище), сколько санитарные функции очистки акватории.

Одна мидия массой 8 граммов (8 гр.) отфильтровывает около четырех литров воды в час. Получалось, что за год один условный гектар мидийной плантации способен очистить около 3000000 м. куб (трех миллионов кубометров воды), извлекая из нее до девяти тысяч тонн бактерий.

Таким образом, можно сделать вывод, что эффективность очистки акватории от антропогенных загрязнений при помощи устройства искусственных рифов высока, неинвазивна и по стоимости ничтожна в сравнении с полученным эффектом.



а



б

Рис.7. Искусственные рифы из автопокрышек на дне Азовского моря.

Проект «Риф» закрыли в 1991 г., по известным причинам экономической нестабильности и распада СССР. К тому времени появилась и «утешительная» теория суть которой заключалась в том, что не все виды промысловых рыб активно развиваются в искусственных акваструктурах, а некоторые только скапливаются у них, чем стали пользоваться браконьеры.

Вопросы экологии в период перестройки и выживания государства не были столь актуальны как в наши дни. Успешное осуществление проекта создания эколого-компенсационной системы на базе МАИ - может инициировать в будущем возобновление государственной программы очистки прибрежных акваторий с помощью неинвазивных, экологичных и экономически эффективных методики формирования подводных акваструктур (искусственных

рифов). Акваструктуры или искусственные рифы, состоящие из различных типов аквамодулей (рифболы, эко-тангры, скульптурные группы, гроты, плавающие в толще воды, на поверхности и пр.), стимулирующих ускоренный рост фито- и био-фильтрации поступающих в воду загрязнений признаны одним из эффективнейших способов повышения устойчивости экосистем прибрежной зоны (рис. 8).



Р и с . 8 . Пример акваструктуры
(объединения модулей любого типа в искусственный риф)

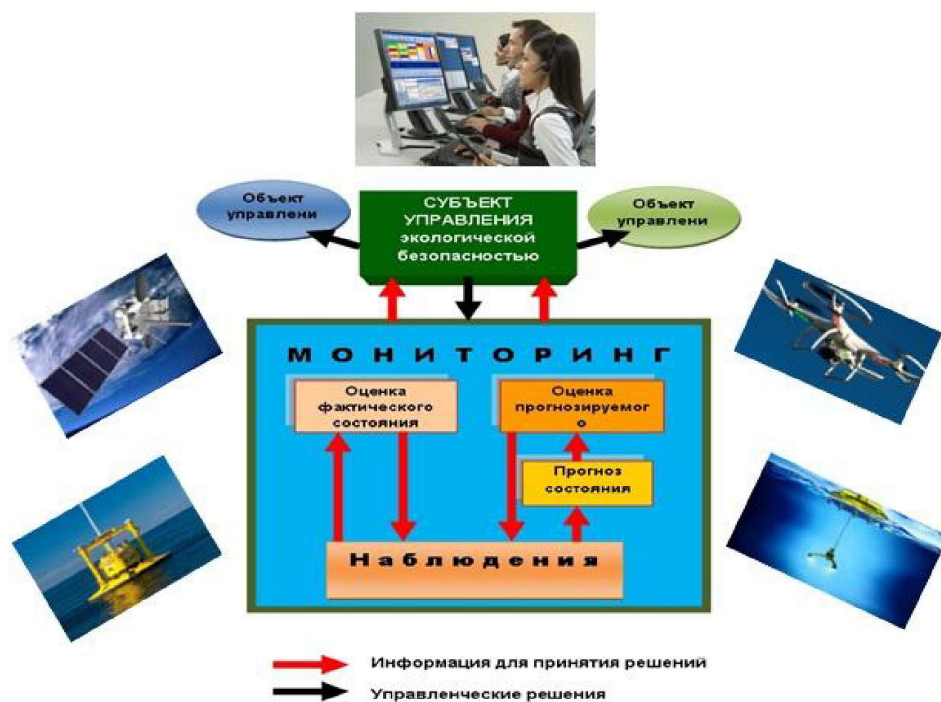
В зоне установки аквамодулей активизируется подводная флора и фауна, активно развиваются сообщества как планктонного, так и бентосного слоев ракообразных, рыб, губок, фитопланктона и пр. Оживление обменных процессов позволяет ускорить ассимиляцию антропогенных загрязнений морской воды посредством фито- и био-фильтрации поступающих загрязнений, включающих бытовые и промышленные стоки. Для изготовления аквамодулей и формирования эффективных акваструктур целевого назначения требуются знания экологии, физики, химии, материаловедения, океанологии, ихтиологии и других научных направлений, и школ.

Кроме того, для создания аквамодулей необходимы мастерские, территория, оборудование, материалы и обученный персонал. На первом этапе необходимой территорией и кадровым ресурсом, для осуществления этой цели обладает Учебно-оздоровительные центр МАИ, расположенный на береговой линии Черного моря и Морской

клуб МАИ «Волна», являющиеся подразделениями Московского авиационного института.

Системы экологического мониторинга предусматривают автоматический мониторинг с помощью автономных модулей и средств дистанционного зондирования, позволяющих осуществлять наблюдение, анализ и прогноз происходящих изменений с целью коррекции воздействий в области управления экологической безопасностью (Гончаренко и др., 2015).

Для реального управления экологической безопасностью, обеспечение которой на высоком уровне является неременным требованием времени, необходима оперативная информация о состоянии окружающей среды. Это относится как к промышленно-промышленным комплексам, так и к туристическим и курортно-оздоровительным комплексам в прибрежных зонах. Такую информацию может обеспечить многофункциональный экологический мониторинг, осуществляемый дистанционными автоматическими модулями. Они передают информацию из зоны подводных структур и сравнивают полученные данные с контрольными замерами показателей (рис. 9).



Р и с . 9 . Блок-схема мониторинга прибрежной зоны.

Возможность использовать достоверную информацию для принятия управленческих решений и корректировать с помощью обратных связей процессы получения необходимых результатов позволит сделать процесс управления экологической безопасностью постоянно самосовершенствующимся. Для создания системы автоматического экологического мониторинга необходимы знания таких научных направлений как математика, физика, статистика, информатика, электроника, кибернетика, робототехника, гидрология, энергетика (Куликов и др., 2016).

Требования к автоматическим передающим станциям, рассчитанным на длительное функционирование в агрессивной среде соленой морской воды, сходны с требованиями, предъявляемыми к устойчивости аэрокосмических средств дистанционного зондирования, которые разрабатываются и совершенствуются в МАИ для осуществления аэрокосмического мониторинга Земли и планет солнечной системы (Звежинский и др., 2015).

Например, для получения информации экологического мониторинга и развития международного сотрудничества с целью контроля и охраны окружающей среды используются данные спутника «Ресурс-П» из серии российских космических аппаратов, предназначенных для обновления карт и обеспечения хозяйственной деятельности Минприроды, Минсельхоза, МЧС России, Росрыболовства и Росгидромета.

Спутниковые системы наблюдения лидируют в дистанционных методах исследования природных явлений. Для этих целей были созданы первые спутниковые системы: «Метеор» в России, «Ландсад» в США, поскольку космическая съемка предоставляет широкие возможности для геоботанического районирования, анализа роста населения, потребления энергии, аномалии температурного и пылевого характера, контролировать и фиксировать отрицательные изменения в экосистемах: повышение концентрации хлорофилла в водоемах, очаги лесных пожаров и многое другое.

В 1974 году силами мирового сообщества была создана Глобальная система экологического мониторинга окружающей среды (ГСМОС), а в 1993 году - Российская Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), основными источниками информации которых являются космические средства дистанционного зондирования.

Научно-исследовательская экспериментальная лаборатория (НИЭЛ) выполняет несколько взаимосвязанных научно-исследовательских и экспериментальных задач.

Не следует забывать о том, что университет МАИ готовит будущих бакалавров по специальности «Экология и

природопользование» с профилем «Управление экологической безопасностью» и магистров с профилем «Экологическая безопасность в авиастроении», для которых возможность применения знаний в практической и экспериментальной работе поможет сформироваться в уникальных специалистов, работающих в смежных научных направлениях.

Для осуществления этих задач в НИЭЛ будут привлекаться ученые и специалисты различных направлений, кроме имеющихся в МАИ: океанологи, гидробиологи, гидрологи, геологи и пр. Экологи МАИ уже активно сотрудничают с Институтом природно-технических систем (ИПТС) занимающимся гидробиологическими исследованиями Черного моря.

В НИЭЛ будут вестись работы по расчету и созданию наиболее эффективных конструкций и материалов искусственных аквамодулей для очистки акватории, экспериментальный поиск конфигураций акваструктур для формирования заданной береговой линии, исследовании естественных биоиндикаторов и био и фито-фильтров, населяющих экосистемы прибрежных зон, анализ получаемой информации от автоматического мониторинга и визуального наблюдения за изменениями в природных системах и, конечно, обязательная просветительская деятельности и работа с населением по воспитанию экологического мышления и экологической культуры..

НИЭЛ, по мнению авторов, должна быть расположена в непосредственной близости с подводными акваструктурами и функционировать круглогодично.

Ее деятельность можно определить тремя основными направлениями:

1. изучение воздействия различных подводных сооружений на обеспечение безопасной экологической обстановки, повышение биоразнообразия, промысловой привлекательности акватории прибрежной зоны и формирование заданной конфигурации береговой линии;
2. создание, испытание и применение высокотехнологичных модулей автоматического мониторинга, средств передачи, хранения и анализа информации, рассчитанных на длительное наблюдение за экосистемами в зоне подводных структур;
3. просветительская работа в области экологического образования, повышения экологической культуры, обмена опытом и привлечением новых специалистов различных научных школ и направлений, а также студентов, школьников и кадетов к практическим работам научно-исследовательской лаборатории под руководством сотрудников лаборатории,

профильных конструкторских бюро, научных работников и преподавателей МАИ.

В НИЭЛ, как в едином научном центре, объединяющем в себе совместную деятельность специалистов различных направлений, предполагается осуществлять работы:

- создание и испытание новых многофункциональных автоматических роботов для осуществления сбора и передачи данных экологического мониторинга с воздуха, поверхности воды и придонного пространства акватории прибрежной зоны, малых спутников и пр.;
- разработка, совершенствование и испытание новых высокотехнологичных систем контроля за состоянием окружающей среды (датчики, анализаторы, сканирующие лазерные установки и пр.) в зоне расположения подводных структур. средств обеспечения работы эколого-компенсационной системы;
- исследование с помощью обратных связей влияния различных видов материалов и конфигураций акваструктур и модулей на экологическую безопасность прибрежной зоны и формирование заданной береговой линии;
- организация эффективного центра по наблюдению, сбору, хранению и обработки больших объемов экологической информации;
- анализ и прогноз экологической информации о прибрежной зоне с целью обеспечения экологической безопасности прибрежной зоны;
- просветительская работа в области повышения экологических знаний и экологической культуры и обмену опытом.

Задачи, стоящие перед НИЭЛ требуют осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) на основе синтетического подхода, что требует привлечения научных коллективов исследовательских институтов, университетов, лабораторий и конструкторских бюро различных научных направлений, помимо собственных научно-исследовательских ресурсов (рис. 10).

Уже заключены договоры о совместном научном сотрудничестве МАИ с ИПТС и его подразделениями, занимающимся гидробиологическими исследованиями прибрежной зоны и разработкой специальных приборов индикации состояния морской акватории, в том числе и с применением методов биоиндикации.

Осуществляется постоянное участие в ежегодных Международных конференциях «Системы контроля окружающей

среды» СКОС. На конференции «СКОС-2016», состоявшейся в октябре 2016 года и собравшей более 200 участников из 6 стран мира, делегацией МАИ был представлен доклад по работам, проведенным в рамках проекта внедрения эколого-компенсационных систем, что нашло отражение в материалах конференции и Сборнике тезисов (СКОС-2016,2016). А в резолюции конференции внесено предложение о заключении договоров сотрудничества МАИ с научными организациями-участниками в области исследования природных объектов прибрежной зоны.

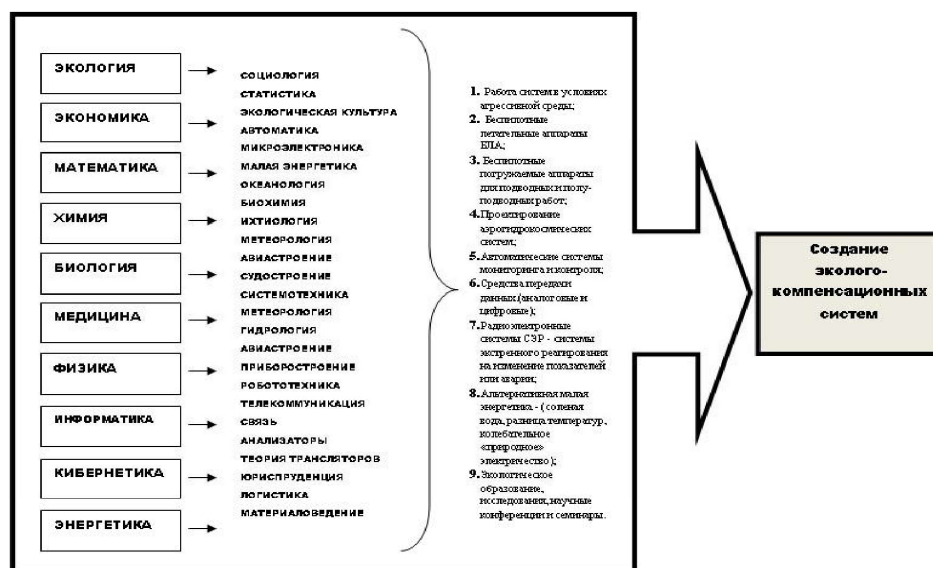


Рис. 10. Конвергенция наук при решении НИЭЛ задачи формирования эффективной эколого-компенсационной системы по снижению антропогенного воздействия на акваторию прибрежных зон.

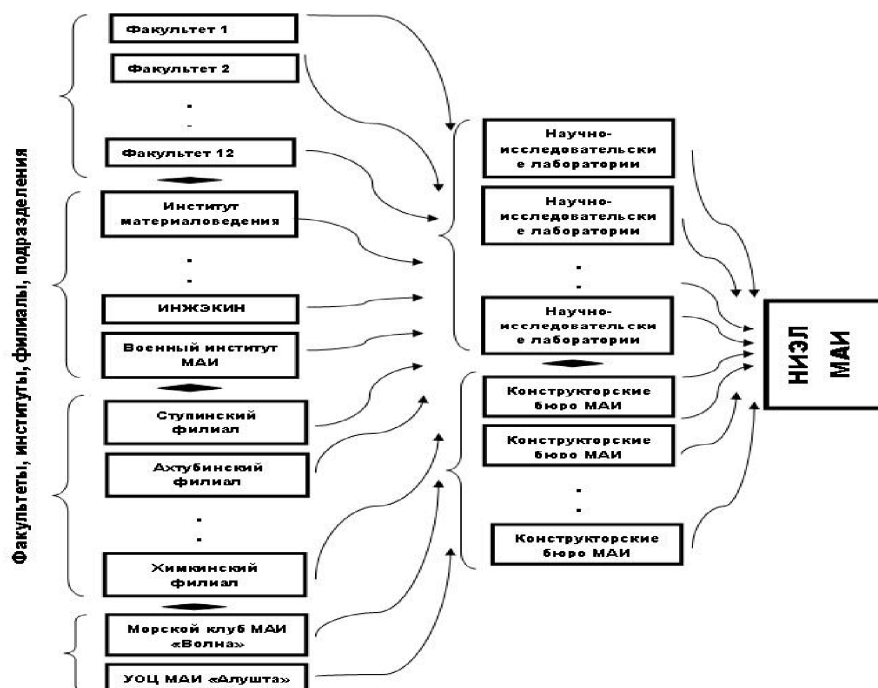
Создание эффективной эколого-компенсационной системы требует исследования взаимодействия подводных систем с окружающей средой прибрежной зоны, решения прикладных задач обеспечения высокотехнологичного оборудования автоматического мониторинга и комплексной оценки функционирования всего комплекса подводных структур (Метечко и др., 2016б).

Таким образом, направления НИОКР можно определить на предварительном этапе следующим списком необходимых тем, которые могут расширяться:

- Развитие прибрежных эколого-компенсационных систем.
- Совершенствование средств передачи данных из-под воды и с поверхности воды.

- Увеличение надежности работы автономных систем в условиях агрессивной среды.
- Разработка и конструирование подводных и полуподводных роботов, беспилотных летательных и подводных аппаратов.
- Создание автоматических систем контроля показателей водной среды АСК.
- Создание и совершенствование автономных систем питания малой энергетики на базе «природного» электричества (системы, работающие на разнице температур, солености и колебательных движениях волн и пр.).
- Работы в области систем экстренного реагирования (СЭР) на внезапное изменение показателей или аварии.
- Изучение эффективных способов обнаружения и фиксации подводных объектов с воздуха и в водной среде.
- Совершенствование экологического образования, тематических экологических практик студентов-экологов, новые формы проведения научно-технических конференций и семинаров по обмену опыта и демонстрации результатов.

Все эти направления НИОКР ведутся в Московском авиационном институте и могут осуществляться с использованием результатов достигнутых на профильных кафедрах, в лабораториях и конструкторских бюро МАИ. Саму НИЭЛ целесообразно разместить на базе одного из учебно-оздоровительных центров МАИ, расположенного на побережье Черного моря, с возможностью организации аналогичных центров на побережье других морей Российской Федерации - Балтийского, Каспийского, морей Северного Ледовитого и Тихого океанов (рис. 11).



Р и с . 1 1 . Формирование НИЭЛ на базе МАИ

Необходимо отметить высокий научный потенциал университета, в котором имеются все необходимые предпосылки для начала работ по организации и развитию актуальных эколого-компенсационной разработок, требующих высокотехнологичных современных достижений в самых разнообразных направлениях:

- в области создания автоматических беспилотных спутниковых, летательных, плавающих и погружных аппаратов и роботов, обладающих надежностью работы в условиях агрессивной среды;
- в области создания и испытания автономных системы альтернативной малой энергетики на основе движения ветра, волн, разницы температур;
- в области разработки и применения автоматических системы слежения и реакции на изменение параметров и внештатные ситуации;
- в области совершенствования и применения современных систем передачи и хранения больших массивов данных экологического мониторинга;
- в области новейших разработок в преподавании, в том числе дистанционного экологических знаний и повышения экологической культуры, и других компонентов многоцелевой системы, обеспечивающей задачи управления экологической безопасностью прибрежной акватории.

Подводя итог рассмотрению основных принципов организации работ по созданию эколого-компенсационной системы, можно доказательно утверждать о реальном применении конвергентного, междисциплинарного экологического подхода к исследованию проблем формирования различных ее компонентов на базе комплексных научных и кадровых ресурсов национального исследовательского университета МАИ.

Такой подход отвечает требованиям времени и на новом уровне экоиноваций позволяет вернуться к древнему опыту человечества по управлению экологической безопасностью и промысловой привлекательностью акваторий с помощью создания рукотворных подводных сооружений подобных естественным рифам.

Авторы считают этот проект актуальным и своевременным, в преддверии Года Экологии в Российской Федерации, успешное воплощение которого может послужить инициативой к восстановлению Государственной программы по очистке акваторий с помощью экологических, неинвазивных и экономически эффективных методов.

Список литературы

- Войкова Н.А. 2004. Операция «Риф»: Польза подводных преград// «Популярная механика». М., № 16. <http://www.popmech.ru/science/6789-operatsiya-rif-polza-podvodnykh-pregrad/>
- Вышковарцев Д.И. 2006. Проблемы повышения продуктивности прибрежных экосистем и пути их решения // Природа без границ: матер. I междунар. эколог. форума. Ч. 1. Владивосток. С. 227-234.
- Гончаренко В.И., Лэ Луо, Прус М.Ю. 2015. Мониторинг распространения лесных пожаров группировкой беспилотных летательных аппаратов // Технологии техносферной безопасности. № 4. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
- Дайнов М.И., Метечко Л.Б. 2012. Методика преподавания дисциплины «Экология» студентам с применением интерактивных технологий // Труды МАИ. № 58. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/>
- Звездинский С.С., Парфенцев И.В., Прокудин О.А. 2015. Функциональная эффективность автоматизированного визуального поиска с помощью подвижного носителя // Радиотехника. № 3. С 43-50.
- Изергин Л.В. 2004. Экологические основы применения искусственных рифов для воспроизводства азовских бычков: дис. ... канд. биол. наук. М. 196 с.
- Ковальчук М.В. 2011. Конвергенция наук и технологий - прорыв в будущее// Российские нанотехнологии. № 1-2. С. 13-23.
- Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. 2011. Конвергенция наук и технологий и формирование новой ноосферы // Российские нанотехнологии. № 9-10. С 10-13

- Крупнова Т.Н.* 2007. Водорослевые плантации как элемент оздоровления прибрежных вод // Матер. междунар. конф. «Морская Экология-2007» (MAREC-2007). Владивосток. С. 199-205.
- Куликов Н.И., Макаренко А.В., Сорокин А.Е.* 2016. Источники питания мехатронных модулей автономных мобильных объектов// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. № 3. С. 8-14.
- Метечко Л.Б.* 2013. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия, Lap Lambert Academic Publishing. 520 с.
- Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Новиков С.В., Юлдашев А.А.* 2014. Методические рекомендации по планированию и проведению мероприятий по охране труда в образовательных организациях всех типов и видов // М. Доброе слово. 178 с.
- Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В.* 2016. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения // Труды МАИ. № 85. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/>
- Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Гончаренко В.И., Бережной М.Н.* 2016. Основные принципы работы эколого-компенсационных систем по снижению антропогенного воздействия на экосистемы прибрежной зоны. Доклад делегации МАИ на СКОС-2016. 15 с.
- Новиков С.В.* 2016. Особенности организации высокотехнологичного производства сложных технических систем в современных условиях // Успехи современной науки и образования. Т. 2. № 8. С. 62-64.
- Павлов М.А., Владовская С.А.* 1985 / Искусственные рифы как одно из направлений развития марикультуры // Рыб. хоз-во. № 12. С. 33-35.
- Системы контроля окружающей среды – 2016 (СКОС-2016): тезисы докладов Междунар. науч.-тех. конф, Севастополь, 24–27 октября 2016 г.* Севастополь: ИПТС. 234 с.
- Стоценко А.А.* 1987. Вопросы проектирования гидробиотехнических сооружений // Технические средства марикультуры: сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 4-10.

IMPLEMENTATION OF ECOLOGY-COMPENSATION SYSTEM TO REDUCE ANTHROPOGENIC POLLUTION OF COASTAL REGIONS

L.B. Metechko, A.E. Sorokin, A.I. Tikhonov, S.V. Novikov

Moscow Aviation Institute, Moscow

Modern scientific research becomes convergent. New discoveries often appear on the intersection of various disciplines. Influence of ecological crisis initiates a need of the new noninvasive technologies to manage an ecological safety of the biosphere and requires innovative high-technology developments which are applied in a space industry. We provide the convincing arguments of efficiency of new approach to scientific research on the basis of forming and the experimental implementation of ecology-compensation systems to decrease the anthropogenous pollution of coastal water areas. The approach is a blend of the achievements in ecology, marine science, hydrobiology and high-technology developments of information, metrology, management of an ecological safety, applied ecological calculations, the latest developments in the field of informatics, computer facilities as well as innovative methods of teaching of ecological culture. Such a synthetic approach is utilized in the National Research Center "Kurchatov Institute" and "Institute of N.E. Zhukovsky", as well as in some other international organizations.

Keywords: *convergent science and technology, high-tech equipment, cognitive capabilities, ecology-compensating systems, water structures, artificial reefs, unmanned aerial vehicles, submersible underwater robots, environmental monitoring, non-invasive environmental programs, data storage and transmission systems, environmental safety management, small power engineering.*

Об авторах:

МЕТЕЧКО Людмила Борисовна – кандидат экономических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, e-mail: Lmetechko@gmail.com

СОРОКИН Андрей Евгениевич – кандидат экономических наук, доцент, Заведующий кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, e-mail: Sorokin@mai.ru

ТИХОНОВ Алексей Иванович – кандидат технических наук, доцент, Заведующий кафедрой «Управление персоналом», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, e-mail: Engecin_mai@mail.ru

НОВИКОВ Сергей Вячеславович – кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора Инженерно-экономического института, ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, e-mail: Ncsrm@mail.ru

Метечко Л.Б. Внедрение эколого-компенсационных систем по снижению антропогенных загрязнений прибрежных акваторий / Л.Б. Метечко, А.Е. Сорокин, А.И. Тихонов, С.В. Новиков // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 1. С. 265-288.